

# Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México

## Stover and grain production from maize landraces under rainfed conditions in the highland plateau of Libres-Serdán, Puebla, Mexico

Faviola Muñoz-Tlahuiza<sup>a</sup>, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez<sup>a</sup>, Pedro Antonio López<sup>a</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>a</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>a</sup>, Enrique Ortiz-Torres<sup>a</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>a</sup>, Oswaldo Taboada-Gaytán<sup>a</sup>, Samuel Vargas-López<sup>a</sup>, Mario Valadez-Ramírez<sup>a</sup>

### RESUMEN

El rastrojo de maíz es un subproducto importante para la alimentación de varias especies pecuarias en unidades de producción bajo condiciones de temporal de los valles altos de México. En estas zonas se carece de variedades que produzcan en suficiencia grano y rastrojo (variedades de doble propósito); por lo que en el presente estudio se evaluó la producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en los valles altos de Puebla y Tlaxcala, México. Se colectó semilla en las regiones Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV). Para cada región se evaluaron 144 variedades, incluyendo cuatro testigos comerciales, en dos localidades bajo un diseño láctice simple 12x12 con dos repeticiones. Se midió rendimiento de rastrojo, producción de hoja y tallo, altura de planta y de mazorca, días a floración femenina, y rendimiento de grano. En cada experimento se realizó un análisis de varianza y por cada región un análisis combinado además de un análisis de correlación canónica. En cada región se encontró una diversidad amplia para rendimiento de rastrojo y grano ( $P < 0.01$ ) que fue desde bajo hasta alto rendimiento. Se detectaron algunas variedades locales que para ambas características fueron sobresalientes ( $P < 0.05$ ). Los testigos comerciales ensayados tuvieron menores rendimientos de grano y rastrojo que las variedades locales sobresalientes.

**PALABRAS CLAVE:** Maíz de doble propósito, Índice de cosecha, Maíces criollos, Maíz de temporal.

### ABSTRACT

Maize stover is an important by-product for several ruminant species raised by small crop holders practicing agriculture under rainfed conditions, especially in the highland plateau in central Mexico known as the Mexican Altiplano. In such areas, no dual-purpose varieties (grain and stover) have been developed, for this reason, grain and stover production of local maize varieties were evaluated in the valleys of Puebla and Tlaxcala, Mexico. Seeds of native maize populations were gathered from two regions of the states of Puebla-Tlaxcala: Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) and Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV). For each region 144 varieties, including four commercial controls were evaluated in two locations under a simple 12x12 lattice design with two replicates. The traits measured were stover, leaf and stalk production, height of plant and ear, days to silking and grain yield. An analysis of variance was carried out for each experiment and for each region a combined analysis was performed followed by a canonical analysis. Each region had a wide value interval ( $P < 0.0001$ ) for stover and grain production with local varieties ranging in yield from low to high. A few local varieties were found which had both high stover and grain yields ( $Pd 0.05$ ). The improved commercial control varieties tested had lower yields for stover and grain than the local varieties which had greater yield for both traits.

**KEY WORDS:** Dual-purpose maize, Harvest index, Landraces, Production, Rainfed conditions.

Recibido el 8 de diciembre de 2011. Aceptado el 24 de abril de 2012.

<sup>a</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, México. Carretera Federal México-Puebla, Km. 125.5, Santiago Momoxpan, 72760 San Pedro Cholula, Puebla, México. Tel (222) 2 85 14 42 Ext. 2208. [rjuan@colpos.mx](mailto:rjuan@colpos.mx); [grjuan2000mx@yahoo.com](mailto:grjuan2000mx@yahoo.com). Correspondencia al segundo autor.

En la gran mayoría de las unidades de producción agropecuaria del altiplano poblano, el maíz es un cultivo prioritario, ya que de él se obtiene grano para la alimentación humana y rastrojo (las partes remanentes de la planta -tallo, hoja, espigas y brácteas de mazorca-después de que el grano de maíz es cosechado) para el ganado. El rastrojo llega a representar el 50 % de la biomasa total aérea de la planta<sup>(1,2,3)</sup>, y existen evidencias<sup>(4)</sup> de que una mejora en la capacidad de producción de éste no incide negativamente en el rendimiento de grano, además de que entre variedades la producción de rastrojo difiere<sup>(5,6)</sup>. Si se considera que entre las poblaciones nativas de maíz las diferencias fenotípicas y genéticas en atributos agronómicos<sup>(7,8,9)</sup> son comunes, se infiere que es posible encontrar materiales que combinen alto rendimiento de rastrojo y grano.

En la unidad de producción, el rastrojo puede llegar a ser tanto o más importante que el grano<sup>(7,10)</sup>, debido a que sustenta –en diferente proporción- la manutención del ganado, al cual se recurre en tiempos difíciles para amortiguar los desbalances económicos<sup>(11,12)</sup>. A pesar de su relevancia, en muchas ocasiones el rastrojo producido por el agricultor es insuficiente, por lo que no se cubren totalmente las necesidades de consumo de los rumiantes durante la época de estiaje (principalmente durante la parte final del otoño, el invierno y mediados de primavera).

Con base en los elementos anteriores, así como por la utilidad que representa a los productores minifundistas temporaleros del Altiplano mexicano la producción simultánea de grano y rastrojo en este cultivo<sup>(13)</sup>, y porque la información existente sobre el nivel de variabilidad presente entre variedades locales o nativas para ambas características es escasa, se decidió realizar la presente investigación. El objetivo fue explorar la diversidad existente en producción de rastrojo y grano en maíces nativos y detectar variedades de doble propósito más acordes a las necesidades de un sistema de producción donde se integra al ganado y los cultivos.

Growing maize is a priority, since grain is obtained for human sustenance and stover (which are the remaining plant parts—stalk, leaf, shank and cob bracts— after the maize grain is harvested) for livestock. Stover comes to represent 50% of total aboveground biomass of the plant<sup>(1,2,3)</sup>, and there is evidence<sup>(4)</sup> that an improvement in production capacity does not impact negatively on grain yield, in addition stover production differs between varieties<sup>(5,6)</sup>. If one considers that among native maize varieties phenotypic and genetic differences in agronomic attributes<sup>(7,8,9)</sup> are common, it follows that it is possible to find plant material that combine high yield for grain and stover. In farm production units areas, stover can be equally or more important than grain<sup>(7,10)</sup>, because it—in different proportions—helps sustains the nutritional wellbeing of the cattle, since stover is used in difficult times to cushion effects during economic hardship<sup>(11,12)</sup>. Despite its importance, many times stover produced by the farmer is insufficient; hence it fails to fully cover the consumption needs of ruminants during the dry season (mainly during late autumn, winter and mid spring).

Based on the above, as well as the benefits this would provide to seasonal small crop holders of the Mexican Altiplano by simultaneously producing crop grain and stover<sup>(13)</sup>, and because the existing information on the level of variability present among local or native varieties for both is scarce, we decided to perform this investigation. The aim was to explore the diversity in grain production of native maize and stover to detect varieties more suited to the dual purpose needs of a production system which integrates livestock and crops.

The Libres-Serdán valleys are an area located between 18° 38' 44" and 19° 41' 10" N and 96° 59' 30" and 98° 01' 34" W ruled under the authority of the rural district development organization called "Distritos de Desarrollo Rural (DDR) 04 de Libres" in the State of Puebla, and part of "DDR 165 de Huamantla" in the State of Tlaxcala, Mexico. Within this geographical

Los valles de Libres-Serdán, se ubican entre los 18° 38' 44" y 19° 41' 10" N y los 96° 59' 30" y 98° 01' 34" O, dentro del área de influencia de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) 04 de Libres en el estado de Puebla, y una parte del DDR 165 de Huamantla en el estado de Tlaxcala, México. Al interior de este espacio geográfico, se definieron dos regiones, considerando tanto criterios ambientales como potencial productivo. Las regiones se denominaron Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV); la primera presenta más restricciones ambientales para la producción de maíz (heladas, sequías y suelos menos fértiles) que la segunda.

En cada región, se realizó una colecta amplia de poblaciones nativas de maíz. El término de población nativa se definió como un grupo de individuos en los que ocurre intercambio genético, y que el productor mantiene mediante selección conservando ciertas características que las distinguen de generaciones avanzadas de híbridos y variedades mejoradas<sup>(14)</sup>.

Con el apoyo de un mapa topográfico, se procuraron muestrear todos los municipios dentro de cada región, escogiendo como mínimo cinco localidades que abarcaran los cuatro puntos cardinales y el centro del municipio. En cada localidad se buscaron informantes clave (comisariados o regidores de agricultura), quienes a su vez fungieron de enlaces para contactar a los agricultores productores de maíz.

Cada productor donó semilla de sus variedades en una cantidad que varió de 1 a 2 kg. Se recopiló información de un total de 210 productores, de quienes se obtuvo información adicional sobre características de las variedades sembradas, procedencia, años de uso, tipos de suelo y fechas de siembra, entre otros. Cada variedad colectada se identificó con número progresivo anteponiendo las iniciales del color de grano. A cada muestra se le aplicó polvo de neem (*Azadirachta indica*) para evitar deterioro por plagas de los granos y, posteriormente, se

space two regions were defined, taking into account both environmental criteria as well as productive potential. The regions are called Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV), the former has more environmental restrictions for maize production (frost, drought and poorer soils) than the second.

In each region, we conducted a comprehensive collection of native maize populations. The term native population was defined to be a group where genetic exchange occurs between specimens, but that the producer has maintained by selection, thus preserving certain characteristics that distinguish them from advanced generations of hybrid and improved varieties<sup>(14)</sup>. With the support of a topographic map, samples were procured from all municipalities within each region, and at least five locations were selected within the municipality which covered the four corners and the center of a municipality. In each locality key informants were sought (agriculture commissioners or councilors), who were the liaisons in order to contact farmers producing corn.

Each producer donated seed varieties in an amount ranging from 1 to 2 kg. Information was collected from a total of 210 producers, as well as detailed facts that included characteristics of the varieties planted, origin, years of use, soil types and planting dates, among others. Each variety collected was identified and sequentially numbered as well as prefixed with initials of the grain color. For each sample powder of neem (*Azadirachta indica*) was applied to prevent damage by pests to the grains and then placed into a plastic container to protect the seed from moisture.

Samples collected in the L-M-H region came from 34 localities distributed between the municipalities of Cuyoaco, Tepeyahualco, Ocotepec, Libres, Oriental, San José Chiapa, Rafael Lara Grajales, Nopalucan, Mazapiltepec, and Soltepec, from the State of Puebla; and

envasó en un contenedor de plástico macizo para proteger la semilla de la humedad.

Las muestras colectadas en la región L-M-H provinieron de 34 localidades distribuidas entre los municipios de Cuyoaco, Tepeyahualco, Ocoatepec, Libres, Oriental, San José Chiapa, Rafael Lara Grajales, Nopalucan, Mazapiltepec, y Soltepec, del estado de Puebla; Altzayanca, Citlaltepec, Cuapiaxtla y Huamantla del estado de Tlaxcala. En la región S-T-GV las muestras se obtuvieron de 23 localidades, pertenecientes a los municipios de Chalchicomula de Sesma, Aljojuca, Esperanza, La Fragua, San Juan Atenco, San Nicolás Buenos Aires, San Salvador El Seco, Tepeyahualco, Tlachichuca y Guadalupe Victoria, todos en el estado de Puebla.

El rango altitudinal de las localidades fue de 2,340 a 2,980 msnm. Los climas predominantes son el templado subhúmedo en sus modalidades C(w1) y C(w0), y el semiárido templado (BS1kw)<sup>(15)</sup>. Los tres climas comparten similitudes en temperatura media anual, la cual se ubica entre 12 y 18 °C. La cantidad de precipitación para los dos tipos templados varía entre 600 a 800 mm, mientras que para el BS1kw la precipitación media anual es de 400 a 600 mm y precipitación invernal de 5 a 10 % del total anual<sup>(15)</sup>. Los suelos que mayor presencia tienen son el Regosol eútrico y el Andosol ocrico<sup>(16)</sup>.

En cada una de las dos regiones se establecieron dos experimentos en los que se evaluaron 134 poblaciones nativas, 6 testigos raciales y 4 testigos comerciales de grano blanco-cremoso (Sintético Serdán, 32D06, Halcón y Z-60 para la región L-M-H y Sintético Serdán, AS-722, Gavilán y Promesa para la región S-T-GV). La variedad Sintético Serdán (originado de una cruce intervarietal de variedades locales) y el híbrido Promesa son producidos por el Colegio de Postgraduados. Los híbridos Halcón y Gavilán pertenecen a la empresa ASGROW; el híbrido Z-60 es comercializado por Hartz Seed; el híbrido 32D06 proviene de la empresa PIONEER y, el híbrido AS722 de ASPROS.

Altzayanca, Citlaltepec, Cuapiaxtla and Huamantla from the state of Tlaxcala. In the S-T-GV region samples were collected from 23 localities, in the municipalities of Chalchicomula of Sesma, Aljojuca, Esperanza, La Fragua, San Juan Atenco, San Nicolás Buenos Aires, San Salvador El Seco, Tepeyahualco, Tlachichuca and Guadalupe Victoria, all in the State of Puebla.

The altitudinal range of the localities varied from 2,340 to 2,980 m. The predominant climates were humid temperate in their patterns C(w1) and C(w0) and the semiarid temperate (BS1kw)<sup>(15)</sup>. The three climates share similarities in mean annual temperature, which is between 12 and 18 °C. The amount of precipitation for the two temperate types varied from 600 to 800 mm, while for the BS1kw annual average rainfall was 400 to 600 mm with winter rainfall of 5 to 10 % of the annual total<sup>(15)</sup>. Soils types present here are Eutric regosol and Ochric andisols<sup>(16)</sup>.

In each of the two regions two experiments were carried out in which 134 native populations were evaluated, as well as 6 varieties and 4 commercial varieties of creamy white grain (Sintético Serdán, 32D06, Halcón and Z-60 for the L-M-H region and Sintético Serdán, AS-722, Gavilán and Promesa for the S-T-GV region). The Sintético Serdán variety (originated from a cross intervarietal local varieties) and the Promesa hybrid are produced by the Colegio de Postgraduados. Halcón y Gavilán belong to the company ASGROW, the hybrid Z-60 is sold by Hartz Seed, the hybrid 32D06 comes from the company PIONEER and the hybrid AS722 from ASPROS.

In the L-M-H region, the local varieties tested, according to the color of the grain, were 74 creamy-white, 32 blue, 26 yellow and 2 red; while for the S-T-GV region, the varieties were 89 creamy-white, 24 blue, 19 yellow, 1 red and 1 salmon-colored.

The 144 populations for each region previously described were evaluated under a simple lattice

En la región L-M-H, las variedades locales ensayadas, de acuerdo a la coloración del grano, fueron 74 blanco-cremosas, 32 azules, 26 amarillas y 2 rojas; mientras que en la región S-T-GV se tuvieron 89 blanco-cremosas, 24 azules, 19 amarillas, 1 roja y, 1 salmón.

Los 144 materiales para cada región previamente descritos, se evaluaron bajo un diseño látxe simple 12 x 12<sup>(17)</sup> con dos repeticiones. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de longitud y 0.85 m de ancho, en los que se sembraron manualmente con ayuda de una pala recta tres semillas cada 0.50 m para después aclarar a dos plantas por punto, y lograr una densidad de población inicial de 47,000 plantas por hectárea que, en promedio, al momento de cosecha llegó a 40,000.

En la región L-M-H los experimentos se establecieron en las localidades de Buenavista de Guerrero, ubicada a los 19°38.092' N y 97°30.514' O, 2,649 msnm y, Máximo Serdán localizada a los 19°16.295' N y 97°48.585' O, 2,410 msnm. En S-T-GV las localidades fueron Guadalupe Sabinal ubicada a 18°55.130' N y 97°24.074' O, 2,565 msnm y, Tlachichuca a 19°04.881' N y 97°22.714' O, 2,824 msnm. En cada localidad durante el ciclo de producción se registró de forma continua la precipitación con un pluviómetro y la temperatura con un termómetro de máximas y mínimas.

Las fechas de siembra de los experimentos fueron el 26 de marzo y 3 de abril para Guadalupe Sabinal y Tlachichuca y el 14 y 21 de abril de 2007 para Buenavista de Guerrero y Máximo Serdán, respectivamente. En todas ellas se sembró aprovechando la humedad residual tal como se practica en los sistemas de temporal.

Las labores de cultivo (preparación del terreno, siembra, escardas y cosecha) se realizaron conforme a las prácticas tradicionales, excepto en lo referente a la fertilización. Esta se realizó en dos aplicaciones; durante la primera escarda

design 12 x 12<sup>(17)</sup> with two replicates. The experimental unit consisted of two rows 5 m long and 0.85 m wide where three seeds were planted 0.50 m apart using a straight shovel, later on two plants were removed in order to achieve an initial population density of 47,000 plants per hectare, for an average of 40,000 at harvest. In the L-M-H region experiments were established in the towns of Buenavista de Guerrero, located at 19° 38.092' N and 97° 30.514' W, 2,649 m above sea level, and at Máximo Serdán located at 19° 16.295' N, 97° 48.585' W, 2,410 m. For S-T-GV the localities were Guadalupe Sabinal located at 18° 55.130' N, 97° 24.074' W, 2,565 m and Tlachichuca at 19° 04.881' N and 97° 22.714' W, 2,824 m. At each location during the production cycle data was recorded continuously of precipitation with a rain gauge as well as temperature with a thermometer including maximum and minimum. Planting dates of the experiments were March 26 and April 3 for Guadalupe Sabinal and Tlachichuca and April 14 and 21 in 2007 for Buenavista de Guerrero and Máximo Serdán, respectively. Planting was carried out in all places at a time where there is residual moisture as practiced in rainfed systems.

Tillage (soil preparation, planting, weeding and harvesting) was performed according to traditional practices, except in relation to fertilization. This was done in two applications; during the first weeding (30 to 35 d after planting) where all the phosphorous was applied and just a third of the nitrogen, and at the second weeding (60 to 69 d after planting) the remaining nitrogen was applied. In Buenavista de Guerrero and Máximo Serdán fertilization rate was 100-40-00 kg of N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. In Guadalupe Sabinal and Tlachichuca the dose was 110-50-00.

Weeding was carried out periodically by hand and only once was herbicide applied (2,4-D amine) at the rate of one liter per hectare. The harvesting of all experiments was conducted from 10 to 16 of November of the same year (2007).

(30-35 días después de la siembra) se aplicó todo el fósforo y la tercera parte del nitrógeno y, en la segunda escarda (60-69 días después de la siembra) el resto del nitrógeno. En Buenavista de Guerrero y Máximo Serdán la dosis de fertilización fue de 100-40-00 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. En Guadalupe Sabinal y Tlachichuca la dosis fue de 110-50-00. Periódicamente se efectuaron deshierbes en forma manual y sólo en una ocasión se aplicó herbicida (2,4-D amina) a razón de un litro por hectárea. La cosecha de todos los experimentos se realizó del 10 al 16 de noviembre del mismo año 2007.

De cada unidad experimental se registró el número de días transcurridos al 50 % de floración femenina (DFF), contabilizado desde el día de la siembra hasta que el 50 % de las plantas tuvieron estigmas expuestos. En cinco plantas representativas de cada parcela, se midió la altura de planta (AP) y la altura de mazorca (AMZ); la primera correspondió a la distancia existente entre la base del tallo hasta la base de la espiga, y la segunda a la presente entre la base del tallo y el nudo de inserción de la mazorca. Adicionalmente, se calculó el rendimiento de grano seco (GS) por planta, dividiendo el rendimiento por parcela (en base seca) entre el número de plantas de la misma; el grano se secó en estufa de aire forzado a 80 °C hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de rastrojo (MS) se obtuvo de tres plantas representativas de cada unidad experimental, cortadas al momento de la cosecha, las cuales se separaron en tallo (incluyendo la espiga) y hoja (incluyendo las brácteas de la mazorca), se picaron y después se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Con los datos de peso seco se generaron las variables rendimiento de hoja (MSH), de tallo (MST) y relación hoja-tallo (R H-T). El índice de cosecha (IC) se calculó dividiendo el rendimiento de grano entre la materia seca total (rastrojo más grano), en la cual se incluyó el peso seco del ote.

In each experimental unit the number days was recorded when silks have emerged on at least 50 % of the plants (DFF), counted from the day of planting until 50 % of the plants stigmas were exposed. In five representative plants from each plot, we measured plant height (PH) and ear or cob height (CH), the first corresponded to the distance between the base of the stalk to the base of the shank, and the second to between the base of the stalk and knot ear position. Additionally, we calculated the dry grain yield (DG) per plant by dividing the yield per plot (dry basis) by the number of plants of the same variety, the grain was dried in a forced air oven at 80 °C until weight was constant. The stover dry mass yield (DM) was obtained from three representative plants of each experimental unit, cut at the time of harvest, which were then separated into stalk (including the shank) and leaf (including the ear bracts) were chopped and then dried in a forced air oven at 60 °C until a constant weight was reached. Dry weight data of yield variables were generated for dry mass of leaf (DML), dry mass of stalk (DMS) and leaf-stalk ratio (L:S). The harvest index (HI) was calculated by dividing the grain yield by total dry matter (stover plus grain), which included the dry weight of the cob.

For each site we conducted an analysis of variance, which was carried out using PROC LATTICE program which is part of the Statistical Analysis System (SAS) version 9.2<sup>(18)</sup> software package, then for each region combined analysis was performed using the PROC GLM of the same package. The combined linear model analysis was:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma(\beta)_{k(j)} + \delta(\beta\gamma)_{l(jk)} + \varepsilon_{ijkl}, \text{ con } i=1,2,\dots,144; j=1,2; k=1,2; l=1,2,\dots,12.$$

Where:  $Y_{ijkl}$  is the observation of the  $i$ th variety at the  $j$ th environment of the  $k$ th repetition within the  $i$ -th block;  $\mu$  is the overall mean;  $\alpha_i$  is the random effect of the  $i$ th variety;  $\beta_j$  is the random effect of the  $j$ th environment;  $\alpha\beta_{ij}$  is

Para cada localidad se realizó un análisis de varianza, el cual fue mediante la instrucción PROC LATTICE del paquete Statistical Analysis System (SAS) versión 9.2<sup>(18)</sup>; posteriormente, para cada región se realizó un análisis combinado, utilizando la instrucción PROC GLM del mismo paquete. El modelo lineal del análisis combinado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma(\beta)_{k(j)} + \delta(\beta\gamma)_{l(jk)} + \varepsilon_{ijkl}, \text{ con } i=1,2,\dots,144; j=1,2; k=1,2; l=1,2,\dots,12.$$

Dónde:  $Y_{ijkl}$  es la observación de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente de la  $k$ -ésima repetición dentro del  $l$ -ésimo bloque;  $\mu$  es la media general;  $\alpha_i$  es el efecto aleatorio de la  $i$ -ésima variedad;  $\beta_j$  es el efecto aleatorio del  $j$ -ésimo ambiente;  $\alpha\beta_{ij}$  es el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente;  $\gamma(\beta)_{k(j)}$  es el efecto aleatorio del  $k$ -ésima repetición dentro del  $j$ -ésimo ambiente;  $\delta(\beta\gamma)_{l(jk)}$  es el efecto del  $l$ -ésimo bloque dentro del  $k$ -ésima repetición en el  $j$ -ésimo ambiente;  $\varepsilon_{ijkl}$  es el error aleatorio asociado a la unidad experimental  $Y_{ijkl}$ .

En aquellos casos donde se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, la comparación entre medias se realizó mediante la prueba de la diferencia mínima significativa ( $\alpha=5\%$ ).

Con los promedios de las variables medidas de las variedades ensayadas de cada región, se realizó un análisis de correlación canónica para ubicar la posición de cada variedad de acuerdo a la asociación de los grupos de variables medidas. La instrucción utilizada fue PROC CANDISC del programa SAS. La distribución en el plano bidimensional canónico fue de acuerdo a cuartiles con la instrucción PROC DISCRIM y validación cruzada usando cinco vecinos más cercanos.

Con base en las isoyetas<sup>(19)</sup> y tomando en consideración la precipitación invernal como 10 % del total, las localidades de Máximo

the interaction effect of the  $i$ th variety at the  $j$ th environment;  $\gamma(\beta)_{k(j)}$  is the random effect of the  $k$ -th replicate within the  $j$ -th environment;  $\delta(\beta\gamma)_{l(jk)}$  is the effect of the  $l$ -th block in the  $k$ -th replicate in the  $j$ th environment; and  $\varepsilon_{ijkl}$  is the random error associated with the experimental unit  $Y_{ijkl}$ . In cases where significant differences were detected between treatments, comparison of means was performed using the test of least significant difference ( $\alpha=5\%$ ).

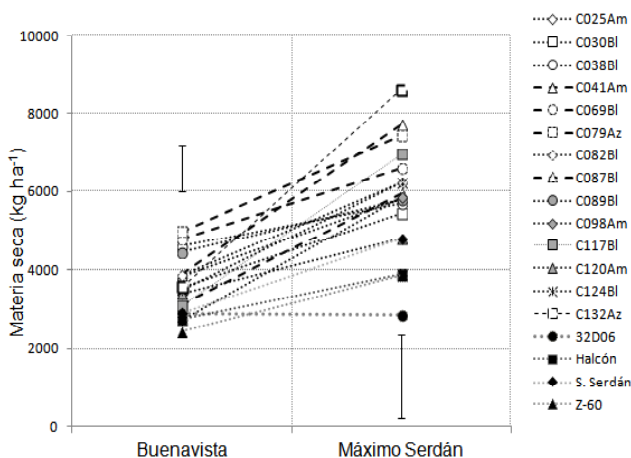
Using the averages of the measured variables tested varieties in each region, we performed a canonical correlation analysis to locate the position of each variety according to the association of the variables measured groups. The SAS program PROC CANDISC was used. The distribution in the two-dimensional plane canon was divided according to quartiles by means of PROC DISCRIM and cross-validated using five nearest neighbors.

Based on the isohyets<sup>(19)</sup> and considering winter precipitation as 10% of the total, the municipalities of Máximo Serdán, Guadalupe Sabinal and Tlachichuca did not reach the range of 600-800 mm of annual average rainfall for where they are located. In the crop cycle it rained 423.2 mm for Máximo Serdán, 400.7 mm for Guadalupe Sabinal and 527.6 mm for Tlachichuca. Buenavista is reported to have on average 400-500 mm of precipitation, and during the crop cycle it rained 410.8 mm. The average maximum temperature<sup>(20)</sup> of all other locations were in the average range reported, except for Guadalupe Sabinal which averaged 21.5 °C, lower than the 24 to 26 °C reported for the area.

In both regions there was a significant location effect ( $P<0.01$ ), being more pronounced in L-M-H (Figures 1 and 2), where the municipality of Máximo Serdán had better conditions since it had the greatest maximum temperature (23.6 °C) and minimum (7.0 °C) and better soil type (Eutric regesol) than Buenavista (22.5 °C maximum temperature, 6.3 °C minimum

Figura 1. Rendimiento de rastrojo para las poblaciones nativas que constituyeron el 10 % superior y para los testigos comerciales ensayados en la región Libres-Mazapiltepec-Huamantla

Figure 1. Yield of stover for native populations were 10% higher than commercial controls tested in the region of Libres-Mazapiltepec-Huamantla



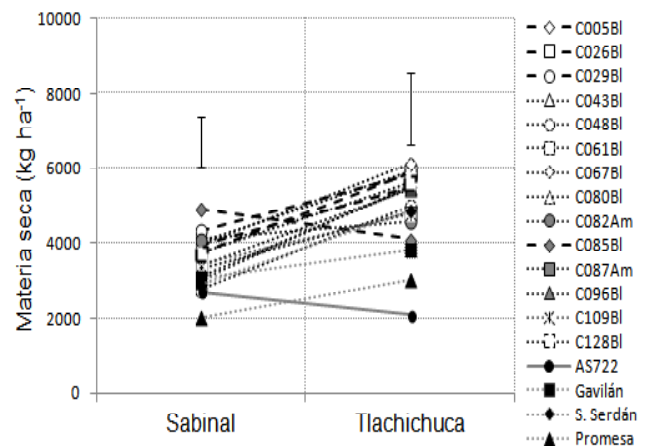
The type of line represents the earliness of the variety (Dashed line = Late varieties; Dotted line = intermediate varieties). The bars represent the Standard deviation of dry mass (SDDM),  $\alpha=0.05$ .

Serdán, Tlachichuca y Guadalupe Sabinal no alcanzaron el rango de los 600 a 800 mm de precipitación promedio anual en el que se encuentran ubicadas. En el ciclo del cultivo llovieron 423.2 mm en Máximo Serdán, 400.7 mm en Guadalupe Sabinal y 527.6 mm en Tlachichuca. Buenavista quedó en el promedio de los 400 a 500 en que se encuentra clasificado, y durante el ciclo del cultivo llovieron 410.8 mm. En temperatura máxima promedio<sup>(20)</sup>, con excepción de Guadalupe Sabinal que se encuentra clasificado en un rango de 24 a 26 °C y que tuvo 21.5 °C; las otras localidades estuvieron en el rango promedio reportado.

En ambas regiones hubo un efecto de localidad considerable ( $P<0.01$ ) aspecto más marcado en L-M-H (Figuras 1 y 2), donde, la localidad de Máximo Serdán tuvo mejores condiciones al

Figura 2. Rendimiento de rastrojo para las poblaciones nativas que constituyeron el 10 % superior y para los testigos comerciales ensayados en la región Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria

Figure 2. Stover yield for native populations were 10% higher than commercial controls tested in the region Serdan-Tlachichuca-Guadalupe Victoria



The type of line represents the earliness of the variety (Continuous line = early varieties, Dashed line = late varieties; Dotted line = intermediate varieties). The bars represent the Standard deviation of dry mass (SDDM),  $\alpha=0.05$ .

temperature and Ochric andisols soil). Tlachichuca had a more favorable environment (527.6 mm rainfall, 22.0 °C average maximum temperature and minimum of 6.7 °C) Guadalupe Sabinal (400.7 mm rainfall, 21.5 °C temperature maximum and 6.3 °C minimum temperature on average). Thus, the behavior of the varieties as a whole was better in the environmental conditions of higher humidity and temperature.

In each region, differences in stover production varied between varieties ( $P<0.01$ ). The interval fluctuated in localities from 6,220 a 2,143 kg of DM ha<sup>-1</sup> at L-M-H and from 5,092 a 2,674 kg at S-T-GV. In all cases, there was an outstanding local variety group ( $P<0.05$ ) for this trait, which represented three grain colorations are no (Figures 1 and 2), although with a tendency to be late-cycle ( $> 130$  DFF) (Tables 1 and 2). This may be associated with a longer dry matter



presentar mayor temperatura máxima (23.6 °C) y mínima (7.0 °C) y mejor tipo de suelo (Regosol éutrico) que la de Buenavista (22.5 °C de temperatura máxima, 6.3 °C de temperatura mínima y suelo Andosol ocrico). Tlachichuca tuvo un ambiente más favorable (527.6 mm de precipitación, 22.0 °C de temperatura máxima promedio y 6.7 °C de temperatura mínima) que Guadalupe Sabinal (400.7 mm de precipitación, 21.5 °C de temperatura máxima y 6.3 °C de temperatura mínima promedio). Así, el comportamiento de las variedades, en conjunto,

accumulation compared to the early and intermediate varieties which have a shorter life cycle. The results show that not all local varieties are high producers of stover, which contrasts with the results obtained by Aceves *et al*<sup>(5)</sup>, where they found that each local variety tested in each of nine experiments conducted in the valley of Puebla, Mexico, were superior to the hybrid H-137, surpassing on average 5,369 kg ha<sup>-1</sup>.

The highest yield of stover corresponded to increased production of leaf and stalk. In the

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10 % de las variedades superiores y testigos comerciales en la región Libres-Mazapiltepec-Huamantla (promedio de dos localidades)

Table 1. Dry matter yield of stover and associated features with the 10% superior varieties and the commercial control varieties in the region of Libres-Mazapiltepec-Huamantla (average of two locations)

Variety	DM (kg ha <sup>-1</sup> )	DG (kg ha <sup>-1</sup> )	DFF	DML (kg ha <sup>-1</sup> )	DMS (kg ha <sup>-1</sup> )	L:S	HI	PH (cm)	CH (cm)
Criollo Az 79	6220	2624	130	3327	2893	1.3	0.28	206.5	124.0
Criollo Az 132	6096	1594	132	3160	2936	1.4	0.20	221.6	147.0
Criollo BI 41	5810	2453	129	3311	2499	1.6	0.29	181.6	101.5
Criollo BI 69	5698	2091	131	3255	2443	1.6	0.24	194.9	118.4
Criollo BI 38	5167	3029	124	3198	1969	1.8	0.34	192.1	113.4
Criollo BI 89	5126	2980	126	2944	2182	1.5	0.33	189.7	113.7
Criollo BI 82	5047	2960	128	2829	2218	1.6	0.35	197.4	116.3
Criollo BI 117	5036	2517	125	2909	2126	1.8	0.35	178.6	109.9
Criollo BI 87	5011	2536	124	2716	2295	1.4	0.31	179.3	104.7
Criollo BI 124	4865	2236	126	2848	2018	1.8	0.30	190.4	122.0
Criollo Am 25	4822	2524	125	2704	2118	1.5	0.33	185.5	117.2
Criollo BI 94	4637	2950	122	2922	1715	1.8	0.36	192.2	110.7
Criollo BI 108	4610	2890	123	2748	1863	1.9	0.36	184.1	105.6
Criollo BI 30	4506	2949	125	2700	1805	1.6	0.37	186.9	122.4
Criollo Am 98	4288	3252	114	2592	1696	2.0	0.42	174.8	103.2
Criollo Am 120	4104	3135	122	2546	1558	1.8	0.41	177.5	108.3
S. Serdán	3848	2542	127	2285	1562	1.7	0.36	181.3	105.7
Halcón	3326	2087	123	2378	948	3.0	0.34	130.6	54.8
Z-60	3152	1790	125	2076	1076	2.4	0.31	143.8	63.1
32D06	2877	2263	121	1940	936	2.2	0.39	130.9	65.0
SDDM** (0.05)	1222.8	743.3	5.5	685.2	651.4	0.47	0.255	17.55	16.18
CV (%)	23.33	23.73	3.24	20.74	30.31	18.76	28.59	7.25	11.17
Maximum*	6220	3252	132	3328	2936	3.0	0.50	221.6	147.0
Minimum*	1070	593	98	720	348	1.3	0.20	96.8	33.1

DM= stover dry matter, DG= dry grain, DFF= days to female flowering or silking, DML= dry mass of leaf; DMS= dry mass of stalk; L:S= leaf-stalk ratio, HI= harvest index, PH= height plant, CH= ear height. \* Total values for the varieties tested. SDDM=Standard deviation of dry mass.

fue mejor en las condiciones ambientales de mayor humedad y temperatura.

En cada región se encontraron diferencias en producción de rastrojo entre las variedades ( $P<0.01$ ). El intervalo en las locales fluctuó de 6,220 a 2,143 kg de MS ha<sup>-1</sup> en L-M-H y de 5,092 a 2,674 kg en S-T-GV. En todos los casos, hubo un grupo de variedades locales sobresalientes ( $P<0.05$ ) para esta característica, en los que se encontraron representadas tres coloraciones de grano (Figuras 1 y 2), aunque con una tendencia a ser de ciclo tardío ( $>130$

L-M-H region local varieties reached leaf yield ranging from 1,332 to 3,328 kg ha<sup>-1</sup>. Something similar happened in the S-T-GV region, which obtained yields from 1.555 to 2.881 kg. Stalk production yield in the L-M-H region was from 811 to 2.936 kg ha<sup>-1</sup> and S-T-GV region it was from 1.119 to 2.357 kg.

In both regions there was a greater amount of dry matter of leaf than stalk, only in the region L-M-H did some varieties such as the commercial controls have higher leaf-stalk ratio ( $P<0.05$ ) than the local varieties. This is a point to

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca de rastrojo y características asociadas, del 10 % de las variedades superiores en la región Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (promedio de dos localidades)

Table 2. Dry matter yield of stover and associated characteristics, with the 10 % superior varieties and the commercial control varieties in the region of Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (average of two locations)

Variety	DM (kg ha <sup>-1</sup> )	DG (kg ha <sup>-1</sup> )	DFF	DML (kg ha <sup>-1</sup> )	DMS (kg ha <sup>-1</sup> )	L:S	HI	PH (cm)	CH (cm)
Criollo BI 29	5091	2413	136	2875	2216	1.4	0.31	180.8	100.3
Criollo BI 67	5044	2967	124	2881	2163	1.4	0.36	176.5	99.6
Criollo BI 61	4976	2148	135	2845	2131	1.5	0.28	180.4	101.4
Criollo BI 26	4802	2682	135	2445	2357	1.2	0.34	169.7	91.7
Criollo BI 5	4715	2476	138	2717	1998	1.5	0.32	178.7	100.5
Criollo BI 128	4686	2542	128	2782	1903	1.5	0.34	169.1	92.6
Criollo BI 34	4547	2718	127	2628	1919	1.6	.36	174.9	95.3
Criollo BI 85	4514	2685	133	2831	1684	1.7	0.35	181.6	102.5
Criollo BI 43	4427	3126	128	2502	1924	1.5	0.40	162.5	88.1
Criollo Am 82	4352	2764	126	2685	1666	1.7	0.35	165.3	90.3
Criollo BI 83	4329	2600	137	2554	1774	1.6	0.35	177.1	98.6
Criollo BI 80	4296	2719	132	2433	1863	1.5	0.38	169.1	91.7
Criollo BI 96	4295	2762	119	2617	1678	1.7	0.38	154.3	89.0
Criollo BI 109	4121	2858	122	2291	1830	1.4	0.39	157.6	89.9
Criollo Am 87	4083	2706	124	2411	1672	1.6	0.36	175.7	99.1
S. Serdán	3887	2759	128	2370	1517	1.6	0.36	158.1	81.5
Criollo BI 48	3876	3296	128	2234	1642	1.5	0.44	172.3	98.5
Gavilán	3445	2185	125	2074	1371	1.9	0.37	135.4	48.5
Promesa	2508	1710	129	1479	1030	1.7	0.36	137.6	60.3
AS722	2399	2468	116	1475	925	1.6	0.45	148.9	66.0
SDDM (0.05)	1168.7	894.1	7.9	695.2	551.2	0.44	0.106	17.74	14.16
CV (%)	23.09	27.49	4.44	23.22	26.66	19.41	19.40	7.85	11.37
Máximo*	5108	3480	144	2880	2356	2.3	0.50	193.3	109.8
Mínimo*	1301	1465	100	816	484	1.2	0.25	81.3	30.4

DM= stover dry matter, DG= dry grain, DFF= days to female flowering or silking, DML= dry mass of leaf; DMS= dry mass of stem; L:S= leaf-stalk ratio, HI= harvest index, PH= plant height, CH= cob or ear height. \* Total values of the varieties tested. SDDM=Standard deviation of dry mass.

DFF) (Cuadros 1 y 2). Este hecho puede estar asociado a un mayor tiempo de acumulación de materia seca en comparación a las variedades intermedias y precoces que tienen un ciclo de vida más corto. Los resultados obtenidos evidencian que no todas las variedades locales son altas productoras de rastrojo, lo cual contrasta con lo obtenido por Aceves *et al*<sup>(5)</sup>, quienes encontraron que cada variedad local probada, en cada uno de nueve experimentos que realizaron en el valle de Puebla, México, fueron superiores al híbrido H-137, superándolo en promedio con 5,369 kg ha<sup>-1</sup>.

El mayor rendimiento de rastrojo correspondió a una mayor producción de hoja y de tallo. En la región L-M-H las variedades locales alcanzaron un rendimiento de hoja que varió de los 1,332 a los 3,328 kg ha<sup>-1</sup>. Algo similar sucedió en la Región S-T-GV, donde se obtuvo de 1,555 a 2,881 kg. La producción de tallo en la región L-M-H fue de 811 a 2,936 kg ha<sup>-1</sup> y en la región S-T-GV de 1,119 a 2,357 kg.

En ambas regiones se produjo mayor cantidad de materia seca de hoja que de tallo, sólo que en la región L-M-H algunas variedades como los testigos comerciales tuvieron mayor relación hoja-tallo ( $P < 0.05$ ) que las variedades locales. Este es un punto a considerar en el mejoramiento de las variedades, pues el tallo es consumido en menor medida por el animal, por lo que el reducirlo sería importante.

Comparar los rendimientos de rastrojo obtenidos en estos experimentos con resultados obtenidos en otros países, se dificulta por ser condiciones diferentes, principalmente de clima y densidades de planta. Como referencia, en el híbrido Pioneer 3369A sembrado a una densidad de 40,770 plantas por hectárea bajo riego en Illinois, Estados Unidos<sup>(21)</sup>, se obtuvieron hasta 14,269 kg de materia seca de rastrojo. En Balcarce Argentina<sup>(22)</sup> para el híbrido DK636 se reportan rendimientos de 5,590 a 18,404 kg ha<sup>-1</sup>, ubicándose el promedio en 12,822 kg aunque a una densidad de 86,000 plantas por hectárea. En Ontario, Canadá<sup>(2)</sup> se reportan

consider in improving varieties, as the stalk is consumed to a lesser extent by the animal, so that reducing it would be important.

Comparing stover yields obtained in these experiments with results obtained in other countries, is difficult due to different conditions, mainly climate and plant densities. For reference, the Pioneer Hybrid 3369A seeded at a density of 40,770 plants per hectare under low irrigation in Illinois, United States<sup>(21)</sup> up to 14,269 kg ha<sup>-1</sup> of dry stover was obtained. In Balcarce Argentina<sup>(22)</sup> for the hybrid DK636 yields are reported from 5,590 to 18,404 kg, reaching an average 12,822 kg although at a density of 86,000 plants ha<sup>-1</sup>. In Ontario, Canada<sup>(2)</sup> reported dry matter yields of stover for hybrids DK 335 and DK C42-21RR planted at 66,000 plants per hectare between 3,300 to 16,500 kg, with most ranging between 8.250 to 16.500 kg ha<sup>-1</sup>. In Mexico, around 12,402 kg yields under irrigation and 5,817 kg in drought<sup>(23)</sup> have been reported in 16 improved tropical materials at a density of 40,400 plants ha<sup>-1</sup>. In this research which takes in to account location, it was found that Máximo Serdán and Tlachichuca (Figures 1 and 2) had higher stover yields which were in the range of 6,000 to 8,000 kg, which is in the range and overlaps with some of the results reported in other research listed above. Nevertheless, what is needed is more specific benchmarks in terms of dry matter production of stover with respect to the great diversity of local varieties available in the study regions. What one observes is that diversity does exist here.

Plant height was different between varieties ( $P < 0.01$ ), which in general was higher ( $P < 0.05$ ) for the local varieties compared to commercial controls which were the shortest at 23 and 14 % for L-M-H and S-T-GV, respectively. Similarly, the height of the cob in local varieties was higher ( $P < 0.05$ ) at 42 and 36 % in both regions commercial control except for Sintético Serdán, which was the smallest.

In grain yield in both regions there were differences ( $P < 0.01$ ) among varieties. The local

rendimientos de materia seca de rastrojo para los híbridos DK 335 y DK C42-21RR sembrados a 66,000 plantas por hectárea entre 3,300 a 16,500 kg, ubicándose la mayoría entre 8,250 a 16,500 kg. En México, rendimientos alrededor de 12,402 kg en condiciones de riego y de 5,817 kg en sequía<sup>(23)</sup> han sido reportados en 16 materiales tropicales mejorados a una densidad de 40,400 plantas ha<sup>-1</sup>. En la presente investigación, al considerar por localidad, en Máximo Serdán y Tlachichuca (Figuras 1 y 2) los mayores rendimientos de rastrojo estuvieron en el intervalo de 6,000 a 8,000 kg ha<sup>-1</sup>, traslapando algunos de los resultados que se mencionan en otras investigaciones citadas. Sin embargo, hacen falta puntos de comparación más específicos en cuanto a producción de materia seca de rastrojo en la gran diversidad que se tiene de variedades locales en las regiones de estudio. Lo que sí se constata es la diversidad existente.

La altura de planta fue diferente entre variedades ( $P<0.01$ ), la cual en general, fue mayor ( $P<0.05$ ) para las variedades locales que la de los testigos comerciales quienes fueron de los más bajos con 23 y 14 % para L-M-H y S-T-GV, respectivamente. Del mismo modo, la altura a la mazorca en las variedades locales fue mayor ( $P<0.05$ ) en 42 y 36 % en ambas regiones que los testigos comerciales exceptuando el Sintético Serdán, que fueron de los más bajos.

En rendimiento de grano en ambas regiones se encontraron diferencias ( $P<0.01$ ) entre variedades. El intervalo en las variedades locales fue de 1,350 a 3,252 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco para L-M-H y de 1,541 a 3,297 kg de grano seco para S-T-GV (Cuadros 1 y 2). Datos similares han sido reportados por varios investigadores en condiciones de temporal con variedades locales en algunas otras regiones<sup>(5,24,25)</sup>. Estos resultados dan evidencia de amplia variación y de la adaptación que se ha logrado en algunas variedades locales al medio donde se han desarrollado como se señala en algunos trabajos<sup>(7,26)</sup>.

varieties yield was from 1,350 to 3,252 kg ha<sup>-1</sup> dry grain for L-M-H and from 1,541 to 3,297 kg dry grain for S-T-GV (Tables 1 and 2). Similar data have been reported by several researchers under rainfed conditions with local varieties in some other regions<sup>(5,24,25)</sup>. These results provide evidence of wide variation and adaptation that has been achieved in some local varieties due to the environment where they have developed as noted in some studies<sup>(7,26)</sup>.

The harvest index was less than 0.5 with an average of 0.36 in both regions, reaching the lowest value (0.2) in L-M-H. These values suggest that, in general, fewer reserves were allocated for grain and favored the production of foliage. Research by other authors<sup>(2,23,27,28)</sup> reported harvest index for maize that is in a range from 0.3 to 0.57. Although the values of this index, in this investigation, are found mostly in the range reported, it can be considered low compared to varieties used in countries like the United States<sup>(28,29)</sup>, where the improvement has been intense and has possible to achieve an average of 0.45. Although it has been reported that commercial varieties generally have higher values of HI, indicating that a large proportion of dry matter is allocated to reproductive structures of anthropocentric interest<sup>(28)</sup>, also it has been noted that in harsh environments plants do not necessarily express their full potential because they are under stress<sup>(28)</sup>, and partition of reserves are more intended for the vegetative part. This is therefore uncompetitive for such varieties that are under environmental conditions of this study. The fact that native varieties continued to be maintained, despite their low harvest rates, is not only due to its adaptive characteristics, but also because there is a need to feed ruminants. Additionally, the fact that not an excessive portion of dry matter translocates to the production of grain, ensures better quality stover, palatable to animals, and influences the decision to preserve them.

By assessing jointly stover and grain yields, coupled with other quantifiable variables, we

El índice de cosecha fue menor de 0.5 con promedio de 0.36 en ambas regiones, alcanzando el valor más bajo (0.2) en L-M-H. Estos valores sugieren que, en general, se destinaron menos reservas al grano y se favoreció la producción de follaje. En investigaciones realizadas por otros autores<sup>(2,23,27,28)</sup> el índice de cosecha reportado para maíz se encuentra en un rango de 0.3 a 0.57. Aunque los valores de este índice, en la presente investigación, se encuentran en su mayoría en el intervalo reportado, pueden considerarse bajos comparado con variedades que se utilizan en países como Estados Unidos<sup>(28,29)</sup> en donde el mejoramiento ha sido intenso y ha permitido alcanzar en promedio 0.45. Aun cuando se ha reportado que las variedades comerciales generalmente presentan valores altos de IC, lo cual indica que una gran parte de la materia seca se asigna a las estructuras reproductivas de interés antropocéntrico<sup>(28)</sup>, también se ha señalado que en ambientes restrictivos no expresan completamente su potencial, porque es bajo estrés<sup>(28)</sup>, cuando la partición de reservas se destina más a la parte vegetativa. Esto, por tanto restaría competitividad a este tipo de variedades bajo las condiciones ambientales de

could observe the results of the canonical analysis (Figures 3 and 4). In both regions, the two canonical variables (Can1 and Can2) can be explained by the cumulative variance 0.99 ( $P<0.004$ ). Total canonical structure of each variable is shown in Table 3, which distinguishes the contribution made by the variables related to the performance of stover which were dominant for Can1, while for Can2, the greatest contribution was due to grain and height.

Higher yielding varieties of stover are located in the rightmost quartile and less yielding are located in the leftmost quartile. In none of the cases was it found that any hybrid varieties had greater forage or grain yield. Local varieties with the potential for dual purpose were located mainly in the double positive quadrant. L-M-H region for these varieties were C089BI, C038BI, C094BI, and C082BI C108BI, while S-T-GV local varieties with fitness were C085BI, C043BI, C034BI, C067BI and C082Am. The varieties C079Az, C087BI and C117BI of the L-M-H region had good forage production but with a medium grain yield. The varieties C41Am, C69BI and C132Az although they had good stover production, grain production was found to be at the lowest level. The variety C98Am excelled

Figura 3. Distribución de variedades locales y testigos mejorados de la región Libres-Mazapiltepec-Huamantla en el espacio canónico bidimensional

Figure 3. The distribution of local and improved control varieties located in the region of Libres-Mazapiltepec-Huamantla in bidimensional canonical space

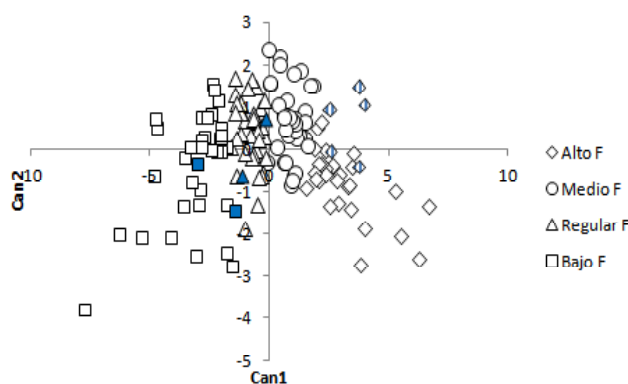
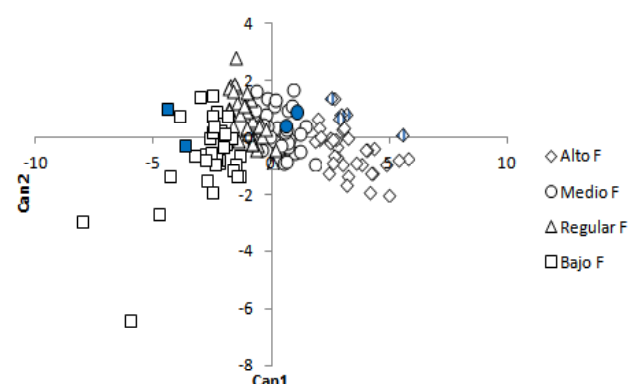


Figure 4. The distribution of local and improved control varieties located in the region of Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria in bidimensional canonical space

Figure 4. The distribution of local and improved control varieties located in the region of Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria in bidimensional canonical space



estudio. El hecho de que las variedades nativas, a pesar de sus bajos índices de cosecha se sigan manteniendo, puede ser no sólo por sus características adaptativas, sino que además sea porque existe la necesidad de mantener a los rumiantes. Adicionalmente, el hecho de que no se trasloque una gran cantidad de materia seca al grano, se tenga un rastrojo de mejor calidad, apetecible a los animales, e influya en la decisión de conservarlas.

La valoración conjunta de los rendimientos de rastrojo y grano, aunado a las otras variables cuantificadas, se logra observar en los resultados del análisis canónico (Figuras 3 y 4). En ambas regiones, las dos variables canónicas (Can1 y Can2) tuvieron una explicación de la varianza acumulada de 0.99 ( $P<0.004$ ). La estructura canónica total de cada variable se muestra en el Cuadro 3, en el que se distingue la aportación que hacen las variables relacionadas al rendimiento de rastrojo las cuales fueron dominantes para Can1; mientras que para Can2, el mayor aporte se tuvo por parte del rendimiento de grano y de la altura.

Las variedades con mayor rendimiento de rastrojo quedaron ubicadas en el cuartil extremo derecho y las menos rendidoras en el cuartil extremo izquierdo. En ninguno de los casos se encontró alguna de las variedades híbridas en una posición de mayor rendimiento de forraje, ni de grano. Las variedades locales con posibilidades para doble propósito quedaron ubicadas principalmente en el cuadrante doble positivo. Para la región L-M-H estas variedades fueron C089BI, C038BI, C094BI, C108BI y C082BI, mientras que para S-T-GV las variedades locales con aptitud fueron C085BI, C043BI, C034BI, C067BI y C082Am. Las variedades C079Az, C087BI y C117BI de la región L-M-H tuvieron buena producción de forraje pero con un rendimiento medio de grano. Las variedades C41Am, C69BI y C132Az aunque tuvieron buena producción de rastrojo, su producción de grano se encontró en un nivel más bajo. La variedad C98Am sobresalió en rendimiento de grano, aunque no en producción de materia seca de

in grain yield, but not dry matter production per unit area of stover. However, this variety presented two favorable characteristics, it was early (114 DFF), and leaf production was within the significance level of the upper group, which may be useful for inclusion in a breeding program for silage quality.

In the S-T-GV region, C29BI and C61BI local varieties were high yielding in stover but not in grain; the C48BI grain was high yielding for grain but not stover; while local varieties C26BI, C005BI, C128BI, C80BI, C096BI, C109BI and C087Am had a high production of stover and medium yields of grain.

We conclude that there is wide variation in the production of stover by local varieties, depending on the region, and taking into account the lower yielding, the yield can be doubled or tripled. The situation for grain yield was similar to that of stover, differences were only twice as much as the lower yielding variety. There were a small number of local varieties within the diversity found with potential for dual purpose, a condition not met with the commercially improved varieties tested.

Cuadro 3. Estructura canónica total de la región Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) y Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV)

Table 3. Total canonical structure of the regions Libres-Mazapiltepec-Huamantla (L-M-H) and Serdán-Tlachichuca-Guadalupe Victoria (S-T-GV)

Variable	Region			
	L-M-H		S-T-GV	
	Can1	Can2	Can1	Can2
Grain yield	0.32109	0.57464	0.18808	0.63030
Stover yield	0.99177	0.05773	0.94522	0.27264
DFF	0.64956	0.32841	0.40924	-0.09401
L:S ratio	-0.3302	-0.01877	-0.15010	0.23900
Harvest Index	-0.54528	0.324422	-0.55052	0.17413
Plant height	0.80581	0.24664	0.54655	0.55184
Cob height	0.68854	0.39476	0.48053	0.54307
Leaf yield	0.95799	0.14163	0.91854	0.31311
Stalk yield	0.94649	-0.03493	0.91101	0.20115

raastrojo por unidad de superficie. No obstante, esta variedad presentó dos características favorables; precocidad (114 DFF), y su producción de hoja se ubicó en el nivel de significancia del grupo superior, lo cual puede ser útil para su inclusión en un programa de mejoramiento para calidad de ensilado.

En la región S-T-GV, las variedades locales C29BI y C61BI fueron altas rendidoras en rastrojo pero no en grano; la C48BI fue alta rendidora en grano pero no en rastrojo, las variedades locales C26BI, C005BI, C128BI, C80BI, C096BI, C109BI y, C087Am tuvieron una producción alta de rastrojo y rendimientos de grano medios.

Se concluye que existe una amplia variación en la producción de rastrojo de variedades locales que, dependiendo de la región, y tomando como base las menos rendidoras, el rendimiento puede ser duplicado o triplicado. La situación para rendimiento de grano fue parecida a la de rastrojo, sólo que la variación alcanzó el doble de las menos rendidoras. Dentro de la diversidad encontrada existe un número reducido de variedades locales con potencial para doble propósito, condición que no reunieron las variedades comerciales mejoradas probadas.

## AGRADECIMIENTOS

El estudio se realizó mediante la Línea de Investigación Prioritaria #6 Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos y del Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Puebla a través del proyecto 76993 "Diversidad genética, conservación y fitomejoramiento de poblaciones locales de maíz en las principales regiones productoras de Puebla".

## LITERATURA CITADA

1. Bertoia LM, Burak R, Torrecillas M. Identifying inbred lines capable of improving ear and stover yield and quality of superior silage maize hybrids. *Crop Sci* 2002;42:365-372.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was conducted by Research Priority Line #6 called "Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos y del Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Puebla" (*in English*, "Conservation and Improvement of Genetic Resources and the Fondo Mixto CONACyT- State Government of Puebla") under the project 76993 "Genetic diversity, conservation and breeding of local maize populations in major producing regions of Puebla".

*End of english version*

2. Tollenaar M, Deen W, Echarte L, Liu W. Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index in maize. *Agron J* 2006;98:930-937.
3. Dhugga KS. Maize biomass yield and composition for biofuels. *Crop Sci* 2007;47:2211-2227.
4. Lorenz AJ, Gustafson TJ, Coors JG, de Leon N. Breeding Maize for a Bioeconomy: A literature survey examining harvest index and stover yield and their relationship to grain yield. *Crop Sci* 2010;50:1-12.
5. Aceves-Ruiz E, Turrent-Fernández A, Cortés-Flores JI, Volke Haller V. Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el valle de Puebla. *Rev Fitotec Mex* 2002;25:339-347.
6. Lorenz AJ, Coors JG, de Leon N, Wolfrum EJ, Hames BR, Sluiter AD, Weimer PJ. Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol. *Crop Sci* 2009;49:85-98.
7. Muñoz-Orozco A. Centli Maíz. San Vicente Chicoloapan, Edo. de Méx., México: Colegio de Postgraduados; 2005.
8. Muñoz-Orozco A. Resistencia a factores adversos y mejoramiento de los patrones etnofitogenéticos de la mixteca Tomo II. En: Muñoz-Orozco A, Dimas-Chávez B editores. *Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la región Mixteca Oaxaqueña*. Tiltepec, Oaxaca, México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del estado de Oaxaca, Colegio de Postgraduados; 1987:537-548.
9. Gil-Muñoz A, López PA, Muñoz-Orozco A, López-Sánchez H. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. En: Chávez-Servia JLS, Tuxill J, Jarvis DI editores. *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos; 2004:18-25.
10. Estrada-Flores JG, González-Ronquillo M, Mould FL, Arriaga-Jordán CM, Castelán-Ortega OA. Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of

- the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. *J Anim Sci* 2006;82: 845-852.
11. Viveros-Flores CE, Gil-Muñoz A, López PA, Ramírez-Valverde B, Guerrero-Rodríguez JdD, Cruz-León A. Patrones de utilización de maíz en unidades de producción familiar del valle de Puebla, México. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2010;12:447-461.
  12. Galaviz-Rodríguez JR, Vargas-López S, Zaragoza-Ramírez JL, Bustamante-González A, Ramírez-Bribiesca E, Guerrero-Rodríguez JD, Hernández-Zepeda JS. Territorial evaluation of sheep production systems in Northwest Tlaxcala. *Rev Mex Cienc Pecu* 2011;2:53-68.
  13. Guerrero-Rodríguez JdD, Gil-Muñoz A, Vargas López S, López-Sánchez H, López PA. El maíz de doble p-opósito: ¿Una opción para la agricultura campesina del altiplano mexicano? En: Martínez-Ruiz R, Ramírez-Valverde B, Rojo-Martínez GE, Estrella-Chulim N editores. Estudios y propuestas para el medio rural. Tomo II. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa, México: Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Universidad Autónoma Indígena de México;2007:153-167.
  14. Ortega-Paczka R. La diversidad del maíz en Mexico. In: Esteva G, Marielle C Coordinadores. Sin maíz no hay país. México DF: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas; 2003:124-154.
  15. INEGI. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 2010. Aguascalientes, Ags., México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática; 2010.
  16. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). Edafología. Carta Temática Escala 1:1000000. 1995.
  17. Martínez- Garza A. Manual de diseño y análisis de los láctes. Distrito Federal, México: Centro de Estadística y Cálculo, Colegio de Postgraduados. Monografías y Manuales en Estadística y Cómputo 1989;8(3).
  18. SAS. SAS user's guide: Statistics. 9.2. Cary, NY, USA: SAS Institute Inc.; 2008.
  19. García E, CONABIO. Isoyetas. Carta Temática Escala 1:100,000. 1998.
  20. García E, CONABIO. Temperatura máxima promedio. Carta Temática Escala 1:100,000. 1998.
  21. Jurgens SK, Johnson RR, Boyer JS. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agron J* 1978;70:678-682.
  22. Cirilo AG, Andrade FH. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Sci* 1994;34:1039-1043.
  23. Edmeades GO, J. Bolaños, Chapman SC, Lafitte HR, Bänziger M. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index. *Crop Sci* 1999;39:1306-1315.
  24. Ángeles-Gaspar E, Ortiz-Torres E, López PA, López-Romero G. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev Fitotec Mex* 2010;33:287-296.
  25. González HA, Sahagún CJ, Vázquez GLM, Rodríguez PJE, Pérez LDdJ, Domínguez LA, Franco MO, Balbuena MA. Identificación de variedades de maíz sobresalientes considerando el modelo AMMI y los índices de Eskridge. *Agric Téc Méx* 2009;35:189-200.
  26. Gil-Muñoz A. Introducción al fitomejoramiento en cultivos anuales. Cholula, Puebla, México: Colegio de Postgraduados, Campus Puebla; 2006.
  27. DeLoughery RL, Crookston RK. Harvest index of corn affected by population density, maturity rating, and environment. *Agron J* 1979;71:577-580.
  28. Hay RKM. Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. *Ann Appl Biol* 1995;126:197-216.
  29. Echarte L, Rothstein S, Tollenaar M. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Sci* 2008;48:656-665.